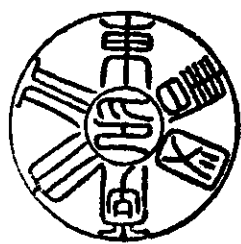




# マイクロマシニングによる高周波MEMSデバイス

著者	江刺 正喜
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/39545">http://hdl.handle.net/10097/39545</a>



---

# マイクロマシニングによる高周波MEMSデバイス

---

16201027

平成 16 年度～平成 18 年度 科学研究費補助金  
( 基盤研究 (A) ) 研究成果報告書

平成 19 年 3 月

研究代表者 江刺 正喜  
東北大学 大学院工学研究科 教授

<はしがき>

半導体集積回路の製作技術を発展させた微細加工であるマイクロマシニングによって、シリコン基板上に立体的な微細構造体やセンサあるいは可動機構などを製作できる。この技術でワイヤレス機器などに用いる高周波部品を製作する研究は RFMEMS (Radio Frequency Micro Electro Mechanical Systems)と呼ばれている。これによりスイッチ(リレー)や可変キャパシタ、時間源(周波数源)や高周波フィルタなどに用いる機械的共振子、薄膜で支持されて損失や寄生容量の少ない高周波配線やコイルなどを実現することができる(J1)。本研究では以下のような研究を行い目的の成果を得た。

RFMEMS デバイスをウェハレベルで一括封止する研究(J2,J3,P1,P10)や、高速をシリコン基板の裏面に取り出す貫通配線(P2)などのパッケージングに関する研究を行った。

MEMS スwitchの研究を行い、接点式のスイッチや容量型の静電駆動スイッチ(J4)を開発した。フレキシブルフラットパネル表示装置へ応用したり(P3)、高速の LSI テスタにおいて実用化(J5)なども行っている。

機械的共振子は小形で質量を小さくすると共振周波数が高くなる。特に撓み振動でなく伸縮振動を用いてバネ定数を大きくするとさらに高くできる。平面的な寸法で共振周波数が決まるようにするとチップ上に異なる共振周波数の機械振動フィルタを集積化することができる。直径 20μm のシリコン円盤の静電駆動ウィングラス振動子を製作し、約 100MHz の共振周波数を得た(P4)。小形にすると微量なガスの吸着などで共振周波数が変化し易くなるためシリコン結晶内部の真空空洞に振動子を埋め込んだ安定度の高い振動子も製作している(J6,P5)。また小形化で熱機械的な雑音が問題になり、これが時間(周波数)源に用いるときの位相雑音の原因になる。

この熱機械的な雑音は振動子の共振周波数変化を用いる高感度なセンサの分解能にも関係する。具体的には細胞のような小さな試料用の MRI(磁気共鳴イメージング)の目的で極端に高感度な MRFM(磁気共鳴力顕微鏡)のセンサが要求されている。それに関連して振動子の雑音に関する研究を行い(J7,J8,P6,P7,P8)、パラメトリックスクイズダンピングで位相雑音を低減することに成功した(J9,P9,P10)。また大気中もダンピングで Q 値が低下しない厚みすべり振動の水晶を用いた片持ち梁振動子も製作した(J10,P11,P12,P13)。

コイルは特にアスペクト比を大きくして抵抗を小さくしたコイルを製作した(J11,P14,P15,P16,P17,P18)。これは 1.6GHz で Q は 85 に達し、微小試料を対象とする核磁気共鳴に応用することができた。

研究組織

研究代表者：江刺 正喜 (東北大学 大学院工学研究科 教授)  
研究分担者：小野 崇人 (東北大学 大学院工学研究科 助教授)  
研究分担者：田中 秀治 (東北大学 大学院工学研究科 助教授)

交付決定額 ( 配分額 )

金額単位：円

	直接経費	間接経費	合計
平成 16 年度	18,800,000	5,640,000	24,440,000
平成 17 年度	10,100,000	3,030,000	13,130,000
平成 18 年度	8,600,000	2,580,000	11,180,000
総計	37,500,000	11,250,000	48,750,000

## 研究発表（●は添付）

### (1) 学会誌 （発表者名、テーマ名、学会誌名、巻・号、ページ、年）

- (J1) 江刺正喜, センサネットワークに関連する MEMS 技術, 電子情報通信学会誌, 89・5, 395, 2005
- (J2) Y.T.Song, H.Y.Lee and M.Esashi, Resonance-free Millimeter-wave Coplanar Waveguide Si Microelectromechanical System Package Using a Lightly-doped Silicon Chip Carrier, Jap. J. of Applied Physics, 44-4A, 129-133, 2005
- (J3) Y.T.Song, H.Y.Lee and M.Esashi, Parasitic Leakage Resonance-free HRS MEMS Package for Microwave and Millimeter-wave, Sensors and Actuators A, 131, 83-90, 2006
- (J4) Y.T.Song, H.Y.Lee and M.Esashi, Low Actuation Voltage Capacitive Shunt RF-MEMS Switch Having a Corrugated Bridge, IEICE TRANSACTIONS on Electronics, E89-C,12, 1880-1887, 2006
- (J5) 中村陽登、高柳史一、茂呂義明、三瓶広和、小野澤正貴、江刺正喜, RF MEMS スイッチの開発, Advantest Technical Report, 22, 9-16, 2004
- (J6) 江刺正喜, J.McDonald and A.Partridge, Si 技術を使った MEMS 発振器 水晶発振器の置き換えを狙う, 日経エレクトロニクス, 923, 125-134, 2006
- (J7) T.Ono and M.Esashi, Mass Sensing with Resonating Ultra-thin Silicon Beams Detected by a Double-Beam Laser Doppler Vibrometer, Measurement Science and Technology, 15-10, 1977-1981, 2004
- (J8) S.-J.Kim, T.Ono and M.Esashi, Capacitive Resonant Mass Sensor with Frequency Demodulation Detection Based on Resonant Circuit, Applied Physics Letters, 88-5, 05116-1-3, 2006
- (J9) T.Ono, H.Wakamatsu and M.Esashi, Parametrically Amplified Thermal Resonant Sensor with Pseudo-Cooling Effect, J.of Micromech. Microeng., 15-11, 2282-2288, 2005
- (J10) Y.C.Lin, T.Ono and M.Esashi, Fabrication and Characterization of Micromachined Quartz-crystal Cantilever for Force Sensing, J.of Micromech. Microeng., 15-11, 2426-2432, 2005
- (J11) Y.Jiang, T.Ono and M.Esashi, High Aspect Ratio Spiral Microcoils Fabricated by a Silicon Lost Molding Technique, J.of Micromech. Microeng., 16, 1057-1061, 2006

### (2) 口頭発表 （発表者名、テーマ名、学会等名、ページ、年）

- (P1) Y.T.Song, T.Ono, H. Y. Lee and M.Esashi, Resonance-free HRS MEMS Package for Microwave and Millimeter-wave, Technical Digest of Transducers 2005, 427-432, 2005
- (P2) 住川雅人、江刺正喜, 高速伝送対応の Si 貫通配線構造, 第 19 回エレクトロニクス実装学会学術

講演大会, 117-118, 2005

- (P3) 泉田和夫、江刺正喜, Flat Panel Display 用 Membrane SW Array の研究開発, 第 22 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム (レートニュース), 76, 2005
- (P4) K.Ikoma, M.Okazaki and M.Esashi, Wine Glass Mode Micro-Mechanical Resonator, Proc. IEEE Sensors 2006, 5, 1289-1292, 2006
- (P5) A.Partridge, M.Lutz, B.Kim, M.Hopcroft, R.N.Candler, T.W.Kenny, K.Petersen and M.Esashi, MEMS resonators: getting the packaging right, 9th SEMI Microsystem/MEMS Seminar, 9, 55-58, 2005
- (P6) S.-J.Kim, T.Ono and M.Esashi, High Sensitivity Silicon Mass Sensor in Viscous Environment, Proceedings of the 21th Sensor Symposium, 21, 305-308, 2004
- (P7) S.-J.Kim, T.Ono and M.Esashi, Mass Detection Using Capacitive Resonant Silicon Sensor, Proc. IEEE Sensors 2006, 5, 1285-1288, 2006
- (P8) S.-H.Song, T.Ono and M.Esashi, Microprobe with Integrated Single-Electron Transistor for Magnetic Resonance Force Microscopy, Proc. of the 23th Sensor Symposium, 23, 482-486, 2006
- (P9) H.Wakamatsu, T.Ono and M.Esashi, Noise Squeezed Resonant Infrared Sensor, Proceedings of the 21th Sensor Symposium, 285-290, 2004
- (P10) H.Wakamatsu, T.Ono and M.Esashi, Parametrically Amplified Resonant Sensor with Pseudo-Cooling Effect, Proceedings MEMS'2005, 18, 343-346, 2005
- (P11) Y.C.Lin, T.Ono and M.Esashi, Resonating Quartz-crystal Cantilever for Force Sensing, Proc. IEEE Sensors 2005, 4, 260-264, 2005
- (P12) Y.-C.Lin, T.Ono and M.Esashi, Nanometric Application with Microfabricated Quartz-crystal Cantilever, 2006 International Symposium on Nano Science and Technology, 78-79, 2006
- (P13) A.Takahashi, T.Ono, Y.-C.Lin and M.Esashi, Fabrication of Micromachined Quartz-crystal Resonators Using Surface Activated Bonding of Silicon and Quartz Wafers, Proc. IEEE Sensors 2006, 6, 1285-1288, 2006
- (P14) Y.Jiang、小野崇人、江刺正喜, Design and Fabrication of Gradient Coils for Micro-MRI, 平成 17 年電気学会全国大会, 211-212, 2005
- (P15) Y.Jiang, T.Ono and M.Esashi, Fabrication of High Aspect Ratio Planar Microcoil Based on Silicon Molding Technique, Proceedings of the 22th Sensor Symposium, 22, 29-32, 2005
- (P16) Y.Jiang, T.Ono and M.Esashi, Fabrication and Characterization of High Aspect Ratio Microcoils Using Silicon Lost Molding Process, Asia Pacific Conference of Transducer and

- (P17) M.J.K.Klein, T.Ono, M.Esashi and J.G.Korvink, RIE of Solenoidal Microcoil Glass Mould with Integrated Sample Container for Moco-MRI, Technical Digest of MEMS 2007, 345-348, 2007
- (P18) S.Goto, T.Matsunaga, Y.Matsuoka, K.Kuroda, M.Esashi and Y.Haga, Development of High-Resolution Intraluminal and Intravascular MRI Probe Using Microfabrication on Cylindrical Substrates, Technical Digest of MEMS 2007, 329-332, 2007
- (P19) J.H.Kupers, A.B.Randles, M.E.Schmidt, S.Tanaka and M.Esashi, MEMS-Based SAW Devices  
[Third Internl. Sympo. on Acoustic Wave Devices for Future Mobile Communication Systems, 57-68, 2007

(3) 出版物 (編者名、"書名"、著者名、章名、出版社名、ページ、年)

(B1) H.Iwai,Y.Nishi,M.S.Shur and H.Wong (ed), " Recent Progress of Application-oriented MEMS through Industry-university Collaboration [Frontiers in Electronics (Proceedings of the WOFE-04)] [Intl. J. of High Speed Electronics and Systems, 16, 2 (2006) 693-704] "  
M.Esashi, MEMS-Based Thin Film Bulk Acoustic Resonator for Wireless Medical Sensing System (World Scientific, ) 693-704 (Total 749) , 2006

(B2) M.Esashi, K.Ishii, N.Ohuchi, N.Ohsumi, M.Sato and T.Yamaguchi (ed), "Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology "  
Y.-C.Lin, T.Ono and M.Esashi, Quartz-Crystal Cantilevered Resonator for Nanometric Sensing (Imperial College Press, 401-410 (Total 1115), 2006

(4) 研究成果による工業所有権の出願・取得状況

なし

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録しておりません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。